Iranian Food Science and Technology Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 4, Oct.-Nov. 2024, p. 395-407

The Effect of Extrusion Technology on the Quality Characteristics of Gluten-free Cookies Based on Whole Chickpea Flour-xanthan Gum-broken Rice

Z. Dehghan[1], E. Milani[2*], N. Hashemi[3]
1- Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran
2- Associate Professor, Food Science and Technology Research Institutet, ACECR, Khorasan Razavi, Iran
(*- Corresponding Author Email: e.milani@jdm.ac.ir)
3- University of Applied Science and Technology, Center of Pardisan Hospitality & Tourism Managment, Mashhad, Iran

Received:	29.04.2023
Revised:	20.06.2023
Accepted:	12.07.2023
Available Online:	12.07.2023

How to cite this article:
Dehghan, Z., Milani, E., & Hashemi, N. (2024). The effect of extrusion technology on the quality characteristics of gluten-free cookies based on whole chickpea flour-xanthan gum-broken rice. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 20*(4), 395-407. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81819.1247

Introduction

Gastrointestinal diseases are very important among human societies, especially in developing countries. Celiac disease is one of these diseases, caused by the interference of gluten in food, the body's immune system, genetics and environmental factors. Therefore, it is necessary to provide a solution for the production of gluten-free products and also to improve their quality. The tremendous growth in the nutritional knowledge of the public has caused the development and production of healthy food products for certain groups. Baked products such as cookies are very popular among the society because of their textural characteristics as well as flavoring and attractive colors. Therefore, their enrichment is of interest. Most commercial gluten-free bakery products are based on pure starch or the combination of corn starch with gluten-free flour, which is associated with dryness and sandiness in the product.

Materials and Methods

The aim of this research was to investigate the functional characteristics of non-extruded and extruded chickpea flour samples and then the effect of adding different levels of it (0, 20 and 40%) on physicochemical, Lightness, porosity and sensory characteristics using completely randomized factorial design. The blend of chick pea flour-xanthan gum was extruded by a parallel twin-screw extruder (Jinan Saxin, China). Process was performed with die of 3 mm, and extrusion temperature of 140 ℃. The chemical composition of raw materials was measured by standard AOAC (2000) methods. The hardness of cookies was measured using Texture Analyzer (TA plus Ametek, UK). The cylinder steel probe (2 mm diameter) was set to move at a speed of 1 mm/s. Samples were punctured by the probe to a distance of 10 mm. The color values of L* (lightness), a*(redness), b*(yellowness) of the samples were determined by the Hunterlab instrument (Reston VA, US) (Rhee *et al.*, 2004). Water absorption index in terms of grams of bonded water was calculated per gram of dry material in percent. Sensory evaluation was performed using a 5-point hedonic test.

Results and Discussion

In general, gluten-free products are unable to maintain carbon dioxide gas due to the lack of a coherent and uniform gluten network, which causes an increase in volume. As a result, the product is small in volume and the structure of the crumb is compressed. The extrusion baking process had a high potential to improve cookie quality. In such a way that the addition of extruded chickpea flour increased the porosity of the cookie samples. The results of the texture analysis show that the addition of extruded chickpeas up to a 40% improved the texture of the cookie and also increased its shelf life. Also, the sensory test results showed that the favorable effect of adding extruded chickpea

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81819.1247

flour up to 20%. Consequently, by summarizing the results of physical and sensory tests, it was determined that cookies with appropriate sensory and quality characteristics can be produced using 40% of extruded chickpea flour. Peas, and especially extruded peas, rich in protein and dietary fiber content and high water absorption ability, led to increase the moisture and reduced the hardness of the cookie texture. Considering the increase in demand for gluten-free products, it seems that enriching these products with nutrients such as chickpea flour can be an alternative method to improve the nutritional value of these products. Adding legumes is a good way to increase the consumption of legumes, which are rich in the amino acid lysine. Legumes, especially peas, have high nutritional value and functional characteristics, and including them in the diet by adding them to bakery products is a good way to increase their consumption. The use of chickpea flour as a nutrient source in cookie formulation increases the nutritional value, reduces the glycemic index and improves the variety of such products.

Keywords: Chickpeas, Extrusion, Functional properties, Gluten free

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۴، مهر-آبان ۱۴۰۳، ص. ۴۰۷-۳۹۵

تأثیر فناوری پخت اکستروژن بر ویژگی‌های کیفی کوکی فاقد گلوتن حاوی آرد کامل نخود، برنج شکسته و صمغ زانتان

زهرا دهقان[۱]- الناز میلانی[۲*]- ندا هاشمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱

چکیده

بیماری‌های گوارشی در بین جوامع انسانی بخصوص در کشورهای در حال توسعه از اهمیت فراوانی برخوردار هستند. یکی از این بیماری‌ها، بیماری سلیاک حاصل تداخل گلوتن موجود در مواد غذایی، سیستم ایمنی بدن، ژنتیک و عوامل محیطی می‌باشد. از این رو ارائه راهکار برای تولید فرآورده‌های فاقد گلوتن و همچنین بهبود کیفیت آنها ضروری است. افزایش دانش تغذیه‌ای افراد جامعه موجب شده است توسعه و تولید فرآورده‌های غذایی سلامتی‌بخش برای اقشار خاص، روند رو به رشدی داشته باشد. فرآورده‌های پخت نظیر کوکی به‌دلیل ویژگی‌های بافتی، طعم و رنگ‌های جذاب از مقبولیت زیادی در بین اقشار جامعه برخوردارند. از این رو غنی‌سازی آن‌ها مورد توجه می‌باشد. اغلب فرآورده‌های نانوایی فاقد گلوتن به‌صورت تجاری بر پایه نشاسته خالص و یا ترکیب نشاسته ذرت با آردهای فاقد گلوتن تهیه می‌گردند که با ایجاد خشکی و حالت شنی در فرآورده همراه است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر افزودن سطوح مختلف ۰، ۲۰ و ۴۰ درصد آردهای اکسترود شده و اکسترود نشده نخود-صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، رنگ، تخلخل و حسی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل بود. نتایج نشان داد؛ فرآیند پخت اکستروژن پتانسیل بالایی برای بهبود کیفیت کوکی داشت؛ به‌نحوی‌که افزودن آرد نخود اکسترود شده سبب افزایش تخلخل نمونه‌های کوکی گردید. همچنین افزایش سهم آرد نخود اکسترود شده تا ۴۰ درصد به‌طور مستقل موجب کاهش سختی بافت وکاهش پارامتر روشنایی کوکی و افزایش رطوبت طی دوره ماندگاری شد. همچنین نتایج آزمون حسی نیز بیانگر تأثیر مطلوب افزودن آرد نخود اکسترود شده تا ۲۰ درصد بود. کاربرد آرد نخود به‌عنوان منبع مغذی در فرمولاسیون کوکی سبب افزایش ارزش غذایی و بهبود تنوع این قبیل فرآورده‌ها می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پخت اکستروژن، فرآورده فاقد گلوتن، نخود، ویژگی‌های عملکردی

مقدمه

نظام تنوع فرآورده‌های غذایی سالم و مغذی سبب افزایش جهانی نرخ فروش سالانه گردیده است. تولید چنین فرآورده‌هایی منجر به انجام پژوهش‌های وسیعی با محوریت بهبود کیفیت آنها شده است. در فرد مبتلا به سلیاک، مصرف گلوتن به‌عنوان محرک دستگاه ایمنی در روده کوچک عمل نموده وسبب آسیب لایه پوشاننده روده کوچک و در نتیجه مانع از جذب برخی مواد مغذی از طریق این بخش از دستگاه گوارش می‌شود. برنج یکی از مهم‌ترین غلات جهت تهیه رژیم غذایی افراد مبتلا به سلیاک است که دارای خواص تغذیه‌ای منحصر به فرد، بی‌رنگ، طعم دلپذیر و حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و مقدار زیاد کربوهیدرات با قابلیت هضم بالاست. در فرآورده‌های بر پایه برنج به‌دلیل فقدان پروتئین‌های تشکیل‌دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن، کیفیت تکنولوژیکی پایین‌تر بوده و برخی مشکلات کیفی نظیر بافت ضعیف و حجم پایین بروز می‌کند.

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کاشمر، کاشمر، ایران
۲- دانشیار، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: e.milani@jdm.ac.ir)
۳- مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی، مرکز هتلداری و جهانگردی پردیسان مشهد، مشهد، ایران

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81819.1247

معرفی منابع ارزان قیمت جایگزین برنج و یا بهبود خصوصیات آردهای فاقد گلوتن می‌تواند از راهکارهای افزایش کیفیت این قبیل فرآورده‌ها باشد. از این رو می‌توان برای اصلاح ساختار فیزیکی، بافت و ارزش تغذیه‌ای (به‌دلیل متعادل‌سازی اسیدآمینه‌های ضروری) از حبوبات بهره جست (Alandia *et al*., 2020). دانه حبوبات (از خانواده لگومینوزا) با داشتن حدود ۳۶-۱۸ درصد پروتئین، نقش مهمی در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارد . مقدار پروتئین موجود در بذر حبوبات به مراتب بیشتر از پروتئین موجود در دانه غلات و گیاهان غده‌ای است. از جمله حبوباتی که می‌توانند برای بیماران سلیاکی مورد استفاده قرار گیرد، نخود *Cicer arietinum* می‌باشد که منبع غنی از پروتئین، فیبر، کربوهیدرات و مواد معدنی است (Gomez *et al*., 2008). پروتئین‌های نخود می‌توانند شبکه‌ای همانند گلوتن تشکیل داده و باعث احتباس گاز و افزایش حجم گردند و در نتیجه کیفیت محصول را بالاتر ببرند (Gularte *et al*., 2011). اثر افزودن آرد حبوبات مختلف از جمله آرد نخود در کیک‌های فاقد گلوتن بر پایه برنج بررسی و نتایج بیانگر تأثیر آرد نخود بر افزایش محتوای پروتئین، فیبر و مواد معدنی کیک، افزایش ویسکوزیته خمیر، سفتی بافت و کاهش حجم کیک بود (Ataye Salehi *et al*., 2011; Matos & Rosell, 2011). با توجه به این که ارزش تغذیه‌ای و کیفیت محصولات نانوایی بدون گلوتن از جمله ساختار، احساس دهانی، قابلیت پذیرش و ماندگاری آن‌ها پایین‌تر از محصولات حاوی گلوتن می‌باشد، با استفاده از تیمارهای فیزیکی از جمله فرآیند حرارتی می‌توان ویژگی‌های عملکردی آرد مورد استفاده در محصولات بدون گلوتن را اصلاح نمود (Matos & Rosell, 2011). تیمار حرارتی آرد به‌عنوان یک روش عملی برای بهبود کیفیت نان و کیک، به‌خصوص برای آردهایی که ساختار ضعیف‌تری دارند، استفاده می‌گردد. از جمله روش‌های حرارتی کارآمد اصلاح آرد حبوبات، فرآیند پخت اکستروژن می‌باشد. پخت اکستروژن، فرآیند حرارتی است که شامل استفاده از حرارت و فشار بالا و نیروهای برشی به توده مواد خام است. از جمله مزایای اکستروژن هزینه پایین، زمان کوتاه، بهره‌وری بالا و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است (Milani *et al*., 2017; Milani et al., 2024). فرآیند پخت اکستروژن سبب تولید محصولی با ویژگی‌های بافتی و تغذیه‌ای بهتر می‌شود. فرآیند اکستروژن در فرآورده‌های فاقد گلوتن سبب بهبود سطح پروتئین، فیبر و تولید نشاسته مقاوم در این نوع محصولات از طریق کنترل شرایط اکستروژن مانند درجه حرارت، سرعت خوراک‌دهی و دور ماریپچ می‌شود (Milani *et al*., 2021). آرد نخود اصلاح شده در حین فرآیند اکستروژن طعم لوبیایی خود را از دست داده و از نظر حسی برای مصرف‌کننده نیز قابل قبول می‌باشد (Siddiq *et al*., 2009). آرد برنج و نخود به علت فقدان گلوتن توانایی تشکیل شبکه ویسکوالاستیک در خمیر را ندارد. در نتیجه افزایش درصد آنها، سبب کاهش ویسکوزیته شده است. در این پژوهش، برای جبران این نقیصه، از صمغ‌های زانتان استفاده شد. هدف ازانجام این پژوهش، تولید کوکی با استفاده از مخلوط آرد نخود-صمغ زانتان اکسترودشده و مقایسه آن با نمونه اکسترود نشده و نمونه شاهد بر پایه آرد کامل برنج شکسته بود. برای این منظور بررسی تأثیر افزودن نسبت‌های مختلف آرد بافت داده شده به جای آرد برنج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، پخت، بافت، رنگ و حسی کوکی و انتخاب شبیه‌ترین فرمول به فرمول شاهد بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه و پخت اکستروژن

ابتدا رطوبت آرد نخود- برنج دانه شکسته با استفاده از روش مربع پیرسون تنظیم شد؛ به‌منظور یکنواخت شدن رطوبت کل، نمونه به‌مدت ۲۴ ساعت در کیسه‌های پلی‌اتیلن نگهداری گردید. به‌منظور انجام پیش تیمار از روش هاشمی و همکاران با کمی اصلاحات استفاده شد بدین منظور از دستگاه اکسترودر (دوماریپچ با چرخش هم جهت مدل DS56 ساخت شرکت Saxin Jinan کشور چین با دمای ۱۵۰ درجه‌ی سانتی گراد، رطوبت ۲۰ و ۱۴ درصد، سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه، خوراک‌دهی ۴۰ گرم در دقیقه و قطر دای ۵ میلی‌متر استفاده شد و در مرحله آخر با استفاده از آسیاب سایشی و مش ۰/۵۹۹ میلی‌متر، عمل آرد کردن و غربال صورت گرفت (Hashemi *et al*., 2017).

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

به‌منظور اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین، چربی و فیبر از روش AOAC، ۲۰۰۵ استفاده شد.

آماده سازی خمیر کوکی

ترکیبات تشکیل دهنده خمیر کوکی شامل آرد برنج (۴۶ درصد)، شکر (۲۷/۵۱ درصد)، شورتنینگ (مارگارین) (۱۳/۵۴ درصد)، محلول دکستروز (۶/۹۸ درصد، ۹/۸ گرم دکستروز در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، بی‌کربنات سدیم (۰/۵۳ درصد)، نمک (۰/۴۴ درصد)، صمغ زانتان (۱ درصد) و آب می باشد (Omran *et al*., 2015). کلیه مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون به‌دقت توزین و به کمک دستگاه مخلوط‌کن در دمای اتاق به خوبی مخلوط شدند. ابتدا شورتنینگ، نمک و کربنات سدیم با سرعت پایین با محلول دکستروز و آب مقطر مخلوط و به‌مدت ۱ دقیقه با سرعت متوسط مخلوط شده و آرد به‌صورت کامل اضافه و برای ۲ دقیقه با سرعت پایین مخلوط کردن انجام شد. پخت در دستگاه

سولاردوم الجی مدل SD–WCR ۳۸۵۳ با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد برای ۱۴ دقیقه صورت گرفت.

آزمون ظرفیت نگهداری آب خمیر کوکی

۳۰ گرم نمونه خمیر با دور 13500 × g به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه سانتریفیوژ انجام شد. آب آزاد شده خارج گردید و بعد از خشک شدن، ظرفیت نگهداری آب از رابطه ۲ بدست آمده و نتایج به‌صورت درصد محاسبه و ارائه شد (Omran *et al*., 2015).

اندازه‌گیری خصوصیات بافتی کوکی

مقدار سفتی بافت کوکی به‌وسیله دستگاه سنجش بافت TA. (XTplus, UK) اندازه‌گیری شد. آزمون TPA با استفاده از پروب استوانه‌ای به قطر ۶ میلی‌متر انجام پذیرفت. میزان بارگذاری ۵ کیلوگرم، سرعت قبل آزمون ۱ میلی‌متر در ثانیه، سرعت آزمون ۲ میلی متر در ثانیه و سرعت بعد از آزمون ۱۰ میلی متر در ثانیه بود. پارامتر سفتی بافت بر حسب نیوتن اندازه‌گیری شد (Lazou *et al*., 2010).

اندازه‌گیری روشنایی رنگ کوکی

پارامترهای رنگی با استفاده از دستگاه هانترلب (مدل colorFlex EZ، شرکت HunterLab، ایالات متحده) مورد ارزیابی قرار گرفتند. L* نشان‌دهنده روشنایی رنگ (۰ سیاه ، ۱۰۰ سفید)، می‌باشند (Cannas *et al*., 2020).

اندازه‌گیری تخلل کوکی

برای ارزیابی میزان تخلخل مغز کوکی از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز کوکی تهیه گردیده و به‌وسیله دوربین با وضوح تصاویر بالا، تصویربَرداری و در اختیار نرم‌افزار ImagEJ قرار گرفت. تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط تاریک و روشن بود که نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل در نمونه‌ها برآورد شد (Cannas *et al*., 2020).

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق به‌منظور مقایسه تأثیر افزودن آرد کامپوزیت بافت داده شده در سطوح (۰، ۲۰ و ۴۰ درصد) و طی دوره نگهداری کوکی ها (۰، ۷ و ۱۴ روز) از طرح فاکتوریل کاملا تصادفی، شامل ۲۷ تیمار در سه تکرار استفاده شد. نتایج و تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی نمونه تولیدی به کمک نرم‌افزار Minitab و آنالیز واریانس ANOVA، و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مواد اولیه

ترکیبات شیمیایی مواد اولیه در جدول ۱، ارائه شده است. اختلاف جزئی مقادیر به‌دست آمده با گزارش های موجود را می‌توان به دلایلی همچون گونه، منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی کشت مرتبط دانست.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی مواد اولیه

Table 1- Physicochemical characteristics of raw materials

ویژگی Properties	برنج دانه شکسته Broken rice	آرد کامل نخود Whole chick pea flour
چربی کل (g/100g) Total fat	1.14±0.1	3.75±0.1
پروتئین کل (g/100g) Total protein	3.184±0.8	23.32±2.10
فیبر کل (g/100g) Total fiber	2.032±0.33	4.89±0.88
رطوبت (٪) Moisture	10.035±0.62	9.12±0.031
خاکستر (٪) Ash	1.007±0.25	1.60±0.11
کربوهیدرات (٪) Carbohydrate	80.11±1.05	59.31±2.01

لازم به ذکر است دو نمونه آرد کامل نخود اکسترود شده همراه ۱ درصد صمغ زانتان در رطوبت ۱۴ و ۲۰ ابتدا از نظر محتوای جذب آب مورد برازش قرار گرفتند مطابق نتایج، تیمار با رطوبت ۲۰ درصد دارای بالاترین محتوای جذب آب بود؛ از این رو در فاز بعدی پژوهش به‌منظور تولید کوکی از آرد اکسترود شده با رطوبت اولیه ۲۰ درصد در فرمولاسیون استفاده گردید (جدول ۲).

جدول ۲- ویژگی‌های جذب آب مواد اولیه

Table 2- Characteristics of water absorption of raw materials

نمونه Sample	ویژگی جذب آب WAI (٪)
آرد نخود کامل Whole chick pea flour	46± 1.02
آرد نخود + صمغ زانتان ۱ درصد Whole chick pea flour+ Xanthan gum	47.1±2.06
آرد نخود اکسترود + صمغ زانتان ۱ درصد (رطوبت ۱۴ درصد) Extruded whole chick pea flour+ Xanthan gum) 14% moisture(	53.02±0.01
آرد نخود اکسترود + صمغ زانتان ۱ درصد (رطوبت ۲۰ درصد) (20% moisture) Xanthan gum+Extruded whole chick pea flour	54.65±0.33

تأثیر نوع آرد نخود بر محتوای رطوبتی کوکی طی دوره ماندگاری

محتوای رطوبتی (که از لحاظ کمی بیانگر محتوای آب کل) در غذا بیانگر دوام غذا و کیفیت آن است (Hashemi *et al.*, 2017). ظرفیت جذب آب یک محصول به توانایی برقراری پیوند با آب تحت شرایط کمبود آب تعریف می‌شود که فاکتور مهمی برای تولید محصولات خاص، مشروط کردن محصول، تبلور مجدد نشاسته و تأخیر در بیاتی می‌باشد (Siddiq *et al.*, 2009). نتایج جدول ۳ بیانگر تأثیر معنی‌دار آرد نخود بافت داده شده بر افزایش مقدار رطوبت کوکی در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ بعد از پخت نسبت به نمونه شاهد و نمونه غیر اکسترودشده بود (P≤۰/۰۵). به‌طوری‌که رطوبت نمونه کوکی حاوی آرد اکسترودشده نسبت به نمونه کوکی حاوی آرد اکسترود نشده و شاهد افزایش نشان داد. آرد حبوبات به علت محتوی پروتئین و فیبر بالا و امکان اتصال مولکول‌های آب باعث افزایش جذب آب خمیر و نگهداری آن می‌شوند که همین موضوع باعث افزایش رطوبت کوکی شد. از این رو محتوی رطوبت نمونه حاوی آرد نخود به نحو معنی‌داری بیش از نمونه شاهد بود. زنجیره‌های پلی‌ساکاریدی فیبر مقدار آب زیادی را از طریق پیوندهای هیدروژنی در خود نگهداری می‌کنند و یا ممکن است آب از طریق جذب سطحی در ساختار فیبر نگه داشته شود. این خاصیت کاربردی سبب بهبود محتوای رطوبتی و نگهداری رطوبت در محصول می‌گردد. در پژوهش حصاری نژاد و همکاران (Hesarinejad *et al.*, 2019) اثر غنی‌سازی آرد گندم با آرد لوبیا چیتی بر ویژگی‌های فیزیکی، حسی و ماندگاری کیک اسفنجی بررسی شد، بالابودن میزان جذب آب کیک حاوی آرد لوبیاچیتی می‌تواند به خاطر بالا بودن مقدار سیستئین و یا توانایی اسیدهای آمینه قطبی برای ایجاد اتصالات جانبی باشد. آلووی و همکاران (Aluwi *et al.*, 2016) ویژگی‌های عملکردی آرد کینوای اکسترود شده در سه دمای ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد را مورد بررسی قرار دادند. جذب آب آردهای اکسترود شده به‌ترتیب ۵۰/۸۶ و ۷۰/۰۳ -۸۶/۴۵ درصد بود. تأثیر دما و سرعت چرخش مارپیچ فرآیند اکستروژن را بر ویژگی‌های آرد برنج اکسترود شده با اکسترودر دارای دو مارپیچ دو قلو بررسی کردند. نتایج نشان داد؛ فرآیند پخت اکستروژن آرد برنج به‌عنوان یک روش جایگزین برای تولید فرآورده‌ای با شاخص جذب بالا و قابلیت هضم بیش‌تر در شرایط آزمایشگاهی مطرح شد (Manisha, 2000). باسینلو و همکاران (Bassinello *et al.*, 2011) ویژگی‌های کوکی فرموله شده با آرد اکسترود شده برنج و لوبیای سیاه را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های این پژوهشگران نشان داد که کوکی تهیه شده با آرد برنج و لوبیای سیاه اکسترود شده، رطوبت مطلوب تری نسبت به نمونه‌ی شاهد داشت که این امر باعث تردتر شدن و بهبود ویژگی‌های کیفی کوکی گردید. میزان تانن و فیتات در نمونه‌های حاوی آرد برنج و لوبیای سیاه بسیار کم بود. یافته‌های این تحقیق نشان داد که اکستروژن باعث کاهش عوامل ضد تغذیه‌ای می‌شود.

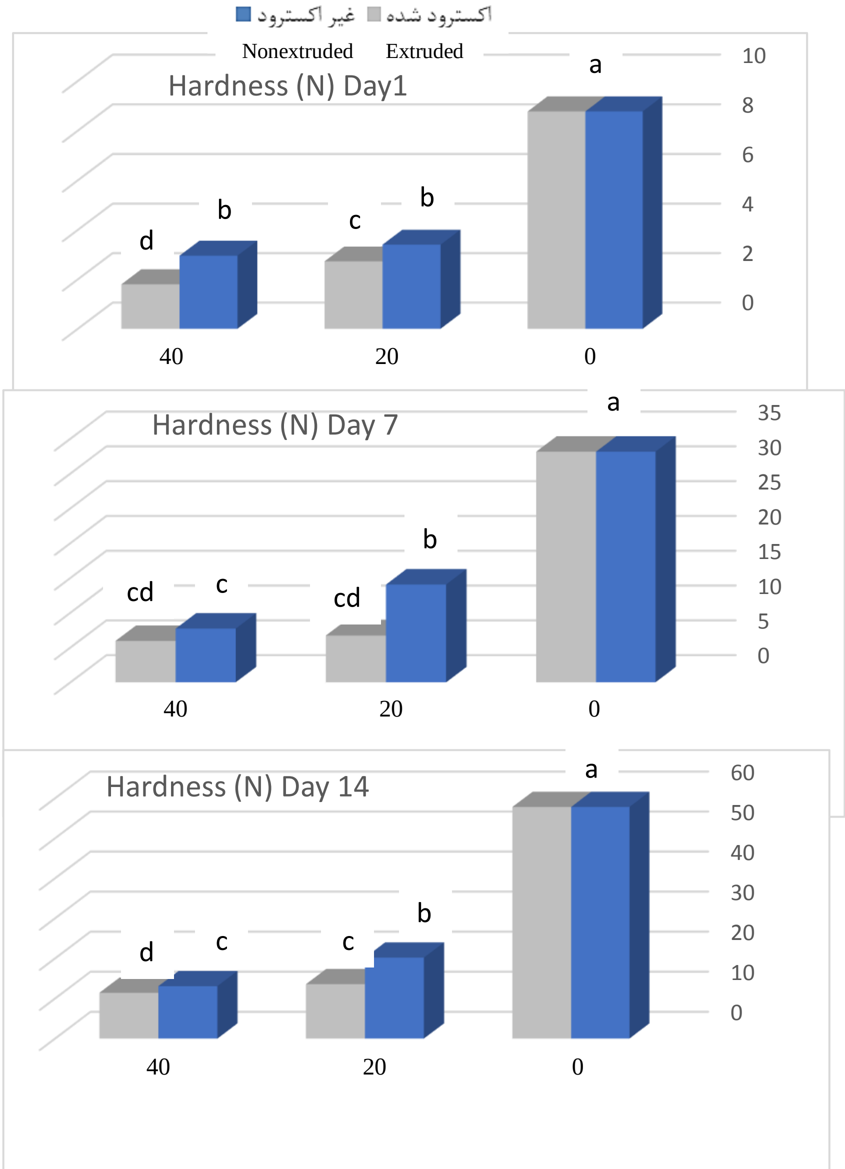
جدول ۳- تأثیر تیمارهای مختلف بر رطوبت کوکی طی دوره نگهداری
Table 3- The effect of different treatments on the moisture of cookie during storage

نوع تیمار Traetment	رطوبت Moisture (%)		
	روز اول Day 1	روز هفتم Day 7	روز چهاردهم Day 14
آرد نخود ۲۰درصد Chick pea flour20%	18.45 [a]	15.57 [b]	14.67 [bc]
آرد نخود ۴۰ درصد Chick pea flour40%	20.83 [a]	17.88 [b]	14.96 [c]
آرد نخود اکسترود ۲۰ درصد Extruded chick pea flour20%	21.11 [a]	18.40 [b]	15.18 [c]
آرد نخود اکسترود ۴۰ درصد Extruded chick pea flour20%	21.40 [a]	18.93 [b]	16.06 [c]

ویژگی‌های بافتی کوکی

مطابق شکل ۱، کوکی‌های حاوی آرد اکسترود شده سفتی بافت کم‌تری نسبت به نمونه‌های حاوی آرد اکسترود نشده داشتند، میزان سفتی بافت کوکی بعد از پخت نمونه‌های حاوی ۴۰ درصد آرد نخوداکسترود شده، کم‌ترین میزان سفتی را داشت. این امر می‌تواند مربوط به فرآیند اکستروژن باشد. پخت اکستروژن سبب افزایش بازآرایی فراکسیون‌های هیدروفیل در ساختار آرد و صمغ شده و منجر به افزایش جذب آب و بافت متخلخل‌تر و نرم‌تر کوکی‌های حاصل گردیده است. ال سوهامی و همکاران (El-Sohaimy *et al*., 2019) اظهار داشتند که افزودن HPMC، سفتی بافت نان را کاهش داده و دلیل این امر را کاهش رتروگراداسیون آمیلوپکتین دانسته‌اند.

نتایج نشان داد که در تمام نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان سفتی نمونه افزایش یافت. لازم به ذکر است که روند افزایش سفتی در نمونه حاوی آرد اکسترود شده آهسته‌تر از سایر نمونه‌ها بود. با توجه به نتایج آزمون ۷ و ۱۴ روز پس از تولید، کوکی شاهد از بالاترین سفتی بافت و کوکی حاوی ۴۰ درصد آرد نخود اکسترود شده از پایین‌ترین میزان بیاتی برخوردار بود. علت اصلی سفت شدن بافت کوکی را می‌توان به کریستال شدن اجزاء نشاسته به‌ویژه آمیلوپکتین در طول نگهداری کوکی نسبت داد. بیاتی یا سفت شدن بافت فرآورده‌های پخت طی مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی مانند رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل می‌باشند. همچنین مهاجرت رطوبت کوکی از مغز بافت به قسمت‌های سطحی و پوسته کوکی باعث ایجاد مغز سفت و پوسته چرمی در محصول می‌شود. بنابراین باتوجه به نتایج مشاهده شده در شکل، استفاده از آرد نخود به‌ویژه نخود اکسترود شده در کاهش نرخ بیاتی مؤثر بوده که دلیل آن می‌تواند مقادیر بالای ترکیبات پروتئینی و فیبری به‌ویژه فراکسیون‌های فیبر محلول در آرد اکسترود شده و جذب آب و حفظ آن باشد. مطابق نتایج سیوداد-مولرو و همکاران (Ciudad-Mulero *et al*., 2022) فناوری اکستروژن سبب افزایش فراکسیون الیگوساکارید پری بیوتیک، فیبر محلول و نیز آرابینوکسیلان در آرد نخود شد. مطابق گزارش حصاری نژاد و همکاران (Hesarinejad *et al*., 2019) وجود گروه‌های هیدروکسیل موجود در ترکیبات فیبری از طریق پیوندهای هیدرژنی سبب جذب آب بیشتر و به تعویق افتادن بیاتی می‌شود. احمد (Ahmed, 2014) مقادیر ۴۰-۱۰ درصد آرد لوپین را به مخلوط آرد برنج و نشاسته ذرت اضافه نمود و دریافت شاخص حجم و نرمی بافت کیک بدون گلوتن با جایگزینی آرد لوپین تا سطح ۲۰ ٪ نسبت به نمونه شاهد بهبود یافت. گراندی (Grandi, 2014) اثر جایگزینی آرد جو معمولی و آرد جو اکسترود شده با آرد گندم را در تولید نان بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد؛ استفاده از آرد جو اکسترود شده به‌طور مؤثری سبب افزایش فیبرهای رژیمی و بهبود بافت، سختی، حجم و رنگ نان تولیدی گردید. براساس نتایج تحقیق پیروانی و همکاران (Peyrovani *et al*., 2020) با افزایش آرد لوپین از ۵ تا ۱۵ درصد سختی بافت کاهش یافت. دلیل اثر کاهشی لوپین بر سختی بافت را می‌توان به محتوی فیبر رژیمی آن نسبت داد که با جذب آب بیشتر مانع از سخت شدن بافت کیک می شود. آرد لوپین حدود ۴۰ ٪ فیبر رژیمی دارد، از ویژگی‌های فیبر رژیمی جذب بالای آب است. پس با افزایش درصد آرد لوپین محتوی رطوبت نمونه‌ها افزایش و در نتیجه سختی بافت کیک کاهش یافته است. حمدانی و همکاران (Hamdani *et al*., 2020) ویژگی کوکی فاقد گلوتن بر پایه آرد کامپوزیت نخود ۲۰: برنج شکسته ۸۰ درصد حاوی صمغ اکسترود شده و اکسترود نشده را بررسی نمودند. مطابق نتایج افزودن آرد نخود همراه صمغ اکسترود شده در فرمولاسیون سبب افزایش فیبر و گسترش پذیری خمیر شده؛ در مقایسه با نمونه حاوی صمغ اکسترود نشده دارای بیشترین ضریب جذب آب بوده و همین امر سبب کاهش سفتی بافت کوکی در طول دوره ماندگاری گردید.



شکل ۱- تأثیر آرد نخود اکسترود و غیراکسترود بر سفتی بافت کوکی طی دوره نگهداری

Fig. 1. The effect of extruded and non-extruded chickpea flour on the hardness of cookie during the storage period

روشنایی رنگ کوکی

رنگ یکی از فاکتورهای مهم در پذیرش کلی محصول توسط مصرف‌کننده است. همان‌طور که در جدول ۴، مشاهده می‌شود بیش ترین میزان L* مربوط به نمونه‌های حاوی آرد برنج است و نمونه‌های حاوی آرد نخود و آرد نخود اکسترود شده به‌ترتیب کم‌ترین میزان L* را دارا بودند. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که آرد نخود اکسترود شده به‌طور معنی‌داری ($P\leq0/05$) L* کوکی‌ها را کاهش داده است. علت کاهش L* به وسیله‌ی آرد اکسترود شده مربوط به حضور پروتئین و رطوبت بالاتر طی پروسه اکستروژن بوده که همزمان با افزایش دما و نیروی برشی سبب افزایش تشدید واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد در فرآورده و بروز رنگ تیره نمونه‌های بافت داده شده می گردد. واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد در حین فرآیند پخت اکستروژن و کاراملیزاسیون قند می‌تواند ایجاد پیگمان‌های رنگی در حین پخت کند (Milani *et al.*, 2017; Milani *et al.*, 2021). همچنین رنگ ذاتی تیره تر آرد نخود به‌دلیل وجود رنگدانه‌های کاروتنوئید و فلاوونوئید می‌باشد و بنابراین آرد برنج رنگ روشن‌تری در مقایسه با آرد نخود داشته و مغز کوکی روشن‌تری را تولید می‌کند.

گراندی و همکاران (Grandi *et al.*, 2014) تأثیر افزودن مخلوط آرد گندم و جو بر ویژگی‌های کیفی و آنتی‌اکسیدانی کوکی را مطالعه کردند. در این پژوهش آرد جو به نسبت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد

جایگزین آرد گندم شد. افزایش سطح آرد جو باعث کاهش قابل توجه فاکتورهای رنگی L* خمیر کوکی شد. کاهش روشنایی پوسته احتمالا به‌دلیل مقدار بالاتر پروتئین در نمونه‌های حاوی آرد لوبیاچیتی به‌دلیل محتوی پروتئین بالاتر در مقایسه با نمونه شاهد بود که می‌تواند سبب واکنش‌های قهوه‌ای شدن (مایلارد) بیشتری گردد که رنگدانه‌های قهوه ای بیشتری را تولید می‌کنند(Milani *et al*., 2024). وی و همکاران (We *et al*., 2011) تأثیر جایگزینی برنج اکسترود شده به جای گندم در فرمولاسیون کوکی فاقد گلوتن بررسی نمودند. مطابق نتایج افزودن آرد اکسترود سبب افزایش جذب آب و محتوای رطوبتی و روشنایی و کاهش ویسکوزیته خمیر کوکی فاقد گلوتن شد. از نظر سفتی بافت نمونه حاوی برنج اکسترود مشابه سفتی بافت کوکی گندم بود. اما از نظر ویژگی‌های حسی نمونه کوکی حاوی برنج اکسترود شده بسیار مطلوب‌تر از نمونه تولیدی از آرد گندم بود.

جدول ٤- تأثیر آردهای مختلف نخود اکسترود شده و اکسترود نشده بر پارامترهای رنگی کوکی

Table 4- The effect of different extruded and raw chickpea flours on the color parameters of cookie

تیمار Treatment	L*
Broken rice برنج دانه شکسته (شاهد)	86.751[a]
Chick pea flour20%+Broken rice نخود۲۰٪+برنج دانه شکسته	80.632[a]
Chick pea flour40%+ Broken rice نخود۴۰٪+برنج دانه شکسته	76.496[b]
E. Chick pea flour20%+ Broken rice نخود اکسترو د شده ۲۰٪+برنج دانه شکسته	59.348[c]
E. Chick pea flour40%+ Broken rice نخود اکسترودشده۴۰ ٪+برنج دانه شکسته	54.834[c]

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است (p>۰/۰۵).

The same letters in each column indicate that there is no difference between the data (p>0.05).

تخلخل کوکی

یکی از ویژگی‌های مهم فرآورده‌های پخت، تخلخل است که به طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز محصول دارد و از عوامل تأثیرگذار در تعیین ویژگی‌های کیفی این فرآورده‌ها محسوب می‌شود (Hashemi *et al*., 2017). نتایج مندرج در جدول ۴، نشان می‌دهد که میزان تخلخل در نمونه‌های حاوی آرد اکسترود شده به‌طور معنی‌داری (P≤0/05) از سایر تیمارها بیش‌تر است. به‌طور کلی هر چه میزان جذب رطوبت بالاتر باشد در حین پخت خروج رطوبت سریع‌تر و بیش‌تر صورت می‌گیرد و در نتیجه درصد تخلخل نیز افزایش می‌یابد و چون فرآیند اکستروژن موجب افزایش جذب رطوبت نمونه‌ها می‌شود درصد تخلخل در نمونه‌های حاوی آرد اکسترودشده بیش‌تر از سایر تیمارها است. در بین آردها نمونه‌های حاوی آرد اکسترود شده به‌طور معنی‌داری (P≤0/05) ضخامت پوسته بیش‌تری داشتند و دلیل آن میزان رطوبت بالاتر نسبت به سایر تیمارها است، چرا که در حین پخت خروج آب به صورت بخار سریع‌تر و بیش‌تر صورت می‌گیرد و پوسته نیز سریع‌تر و بیش‌تر شکل می‌گیرد. جعفری و همکاران (Jafari et al., 2018) در بررسی شرایط اکستروژن بر آرد سورگوم مشاهده کردند که افزایش رطوبت خوراک ورودی و دمای اکستروژن از طریق افزایش میان ژلاتیناسیون نشاسته، اندیس جذب آب آرد سورگوم اکسترود شده را افزایش داد و همین امر سبب افزایش رطوبت مغز نان ترکیبی آرد سورگوم اکسترود شده- گندم از طریق افزایش اندیس جذب آب آرد شد.

ارزیابی حسی

میانگین امتیازهای هدونیک به‌همراه انحراف معیار در جدول ۶ مشاهده می‌شود. کوکی‌های حاوی آرد نخود (اکسترود شده و نشده) از نظر آروما و طعم و پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد امتیاز پایین تری داشتند، اما این اختلاف از نظر آماری در نمونه‌های ۲۰ درصد معنی دار نبود. نتایج نشان دادند که پذیرش کلی نمونه‌های حاوی آرد نخود اکسترود شده بالاتر از آرد اکسترود نشده است بنابراین، فرآیند پخت اکستروژن پتانسیل بالایی برای بهبود کیفیت کوکی خواهد داشت. نتایج مشابهی توسط گراندی و همکاران (Grandi *et al*., 2014) برای کوکی فاقد گلوتن به‌دست آمد. مصرف آرد نخود معمولی به‌دلیل ویژگی‌های حسی نامطلوب مانند ایجاد حالت لوبیایی در دهان محدود است. پخت اکستروژن حالت لوبیایی آرد نخود را کاهش و طعم آن را بهبود بخشید، بنابراین از این طریق پذیرش کلی کوکی را افزایش داد (Ciudad-Mulero *et al*., 2022).

جدول ۵- تأثیر آردهای تأثیر آردهای مختلف نخود اکسترود شده و اکسترود نشده بر تخلخل پوسته کوکی
Table 5- The effect of different extruded and raw chickpea flours on the porosity of cookie

تیمار Treatment	تخلخل Porosity(٪)
Broken rice برنج دانه شکسته (شاهد)	31.167 c
Chick pea flour 20%+Broken rice نخود۲۰٪+برنج دانه شکسته	32.218 c
Chick pea flour 40%+ Broken rice نخود۴۰٪+برنج دانه شکسته	39.278 b
E. Chick pea flour 20%+ Broken rice نخود اکسترودشده۲۰ ٪+برنج دانه شکسته	41.743 b
E. Chick pea flour 40%+ Broken rice نخود اکسترود شده۴۰٪+برنج دانه شکسته	47.973 a

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است (p>۰/۰۵).
The same letters in each column indicate that there is no difference between the data (p>0.05).

در مورد ویژگی رنگ نمونه‌های حاوی آرد نخود اکسترود شده پایین‌ترین امتیاز را کسب کردند و دلیل این امر این است که طی فرآیند اکستروژن از طریق واکنش مایلارد روشنایی پوسته کاهش و میزان قرمزی آن افزایش یافت و کوکی حاصل از آن رنگ تیره‌تری داشت، اما در کل کوکی‌های حاوی آرد اکسترود شده نسبت به نمونه‌های آرد اکسترود نشده امتیاز بالاتری داشتند. همچنین کوکی‌های حاوی ۲۰ درصد آرد نخود اکسترود شده و اکسترود نشده از امتیاز بالاتری برخوردار بودند. گلوتن مسئول تعیین کیفت فرآورده‌های پخت است و عدم حضور آن در این فرآورده‌ها از نظر مصرف‌کنندگان عادی، نامطلوب است. با این حال تمامی کوکی‌های فاقد گلوتن نمرات قابل قبولی برای تمامی ویژگی‌ها داشتند و می‌توانند برای بیماران سلیاکی کاربرد داشته باشد. امتیاز مربوط به پذیرش کلی محصول در تمامی فرمولاسیون‌ها مورد آزمون ≤ ۳/۵ بوده، که بیانگر مقبولیت کلیه‌ی نمونه‌ها است.

گیاه نخود دارای فیتوکمیکال‌هایی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی مانند پلی‌فنول‌ها، تانن و فلانووئیدها نیز می‌باشد، وجود این ترکیبات می‌تواند بر روی طعم و مزه محصول اثرگذار باشد. پیروانی و همکاران (Peyrovani *et al*., 2020) اثر اضافه کردن آرد لوپین در سطوح ۰ تا ۵۰ ٪ را بر بیسکویت، بررسی کردند. نمونه‌هایی که ۲۰ ٪ از آرد گندم با آرد لوپین جایگزین شده بود بدون تأثیر منفی بر ویژگی‌های حسی، محتوای پروتئینی و فیبر رژیمی آن‌ها به میزان قابل توجهی بهبود یافته بود و بیشترین امتیاز پذیرش کلی را گرفت. احمد (Ahmed, 2014) اثر جایگزینی آرد لوپین با آرد گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ ٪ بر ویژگی‌های کیفی کیک مورد بررسی قرار داد. با توجه به ویژگی‌های کیفی نمونه‌های حاوی ۱۰ ٪ آرد لوپین بیشترین امتیاز را گرفت.

جدول ٦- تأثیر آردهای مختلف نخود اکسترود شده و اکسترود نشده بر ویژگی‌های حسی کوکی
Table 6- The effect of different extruded and raw chickpea flours on organoleptic properties of cookie

تیمار Treatment	رنگ Color	سفتی بافت Hardness	آروما و طعم Taste	پذیرش کلی General acceptance
Broken rice برنج دانه شکسته (شاهد)	5ᵃ	4.3ᵇ	5ᵃ	5ᵃ
نخود۲۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice+Chick pea flour20%	4.5ᵃ	4.8ᵃ	4.3ᵇ	4.5ᵃ
نخود۴۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice+Chick pea flour40%	4ᵇ	4.7ᵃ	4ᵇ	4.2ᵇ
نخود اکسترود۲۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice+E. Chick pea flour20%	4.41ᵃ	4.5ᵃ	4ᵇ	4ᵇ
نخود اکسترود۴۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice + E. Chick pea flour40%	4.2ᵇ	4.45ᵃ	3.5ᶜ	3.9ᶜ

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است (p>۰/۰۵).
The same letters in each column indicate that there is no difference between the data (p>0.05).

پسانی و همکاران (Paesani *et al.*, 2020) با هدف افزایش محتوای فیبر و مواد معدنی در فرآورده‌های غذایی فاقد گلوتن، تأثیر افزودن آرد کامل ذرت اکسترود شده و اکسترود نشده را بر ویژگی‌های کیفی کوکی بررسی نمودند. مطابق نتایج افزودن آرد اکسترود شده سبب افزایش جذب و نگهدارب آب خمیر شد و به‌دنبال آن ویسکوزیته خمیر کاهش یافت؛ تأثیر این پدیده در حین پخت خمیر کوکی در آون سبب افزایش حجم خمیر و افزایش گسترش‌پذیری نمونه‌های حاوی اکسترود شده در مقایسه با اکسترود نشده گردید. همچنین سفتی بافت نمونه‌های کوکی حاوی آرد اکسترود شده کمتر از نمونه‌های حاوی آرد اکسترود نشده گزارش گردید. نامبردگان در این پژوهش، بر لزوم کاربرد آرد اکسترود شده در بهبود ویژگی‌های کوکی فاقد گلوتن تأکید نمودند. همچنین در نتایج حاصل از ارزیابی حسی، نمونه‌های تولیدی از آرد اکسترود شده امتیاز بالاتر پذیرش کلی دریافت نمودند.

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش تقاضا برای فرآورده‌های فاقد گلوتن به نظر می‌رسد، غنی‌سازی این فرآورده‌های با مواد مغذی همانند آرد نخود می تواند یک روش جایگزین برای بهبود ارزش تغذیه‌ای این محصولات باشد. افزودن حبوبات، راه کار مناسبی برای افزایش مصرف حبوبات که سرشار از اسیدآمینه لیزین هستند، می‌باشد. حبوبات بخصوص دانه‌های نخود، دارای ارزش تغذیه‌ای و خصوصیات عملکردی بالایی هستند و گنجاندن آن‌ها در رژیم غذایی از طریق اضافه شدن به محصولات نانوایی، روش خوبی برای افزایش مصرف آن‌هاست.

به‌طور کلی فرآورده‌های فاقد گلوتن به‌دلیل عدم وجود شبکه گلوتنی منسجم و یکنواخت قادر به نگهداری گاز دی‌اکسید کربن که سبب افزایش حجم می‌گردد، نمی‌باشند. در نتیجه محصول کم حجم و ساختار مغز فشرده می‌گردد. نتایج آنالیز بافت نشانگر آن است که افزودن نخود اکسترودشده تا حداقل میزان ۴۰ ٪ باعث بهبود نسبی بافت کوکی و همچنین افزایش مدت زمان ماندگاری آن گردید. به‌طور کلی با جمع‌بندی نتایج آزمون‌های فیزیکی و حسی مشخص شد که می‌توان با استفاده از ۴۰ ٪ آرد نخود اکسترود، کوکی با ویژگی‌های حسی و کیفی مناسب تولید نمود. نخود و بویژه نخود اکسترود به خاطر محتوای پروتئین و فیبر رژیمی قابلیت بالای جذب آب، با حفظ رطوبت، سبب کاهش سختی بافت کوکی شدند. نتایج آزمون‌های حسی نشان داد که آرد نخود اکسترود باعث بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیکی گردید. این تحقیق نشان داد که نخود بافت داده شده نسبت به نوع فرآوری شده آن موجب بهبود بهتر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کوکی شده و به خوبی می‌تواند در تولید فرآورده‌های آماده مصرف، استفاده شود.

میزان مشارکت

زهرا دهقان: تأمین مالی، تحقیق و بررسی، روش‌شناسی، نوشتن پیش‌نویس اصلی، **الناز میلانی:** مدیریت پروژه، مدیریت داده‌ها، تحلیل رسمی، بررسی و ویرایش، **ندا هاشمی:** مفهوم‌سازی، منابع، نرم‌افزار، نظارت، اعتبارسنجی و تجسم

منابع تأمین مالی

این تحقیق هیچ کمک مالی خاصی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیر انتفاعی دریافت نکرد.

سپاسگزاری

از زحمات مجدانه کارشناسان محترم آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی و پایلوت تحقیقات نیمه صنعتی اکستروژن مواد غذایی جهاددانشگاهی خراسان رضوی که در کلیه مراحل تولید و انجام آزمایش‌های مرتبط، یاری‌گر پژوهش بودند، کمال تشکر را داریم.

References

1. Ahmed, AR. (2014). Influence of chemical properties of wheat-lupine flour blends on cake quality. *American Journal of Food Science Technology*, *2*(2), 67-75. https://doi.org/10.12691/ajfst-2-2-4
2. Alandia, G., Rodriguez, J.P., Jacobsen, S.E., Bazile, D., & Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Global Food Security*, *26*, 100429. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100429
3. Aluwi, N.A., Gu, B.J., Dhumal, G.S., Medina-Meza, I.G., Murphy, K.M., & Ganjyal, G.M. (2016). Impacts of scarification and degermination on the expansion characteristics of select quinoa varieties during extrusion processing. *Journal of Food Science*, *81*(12), E2939-E2949. https://doi.org/10.1111/1750-3841.13512
4. Ataye Salehi, E., Rostamian, M., & Milani, J. (2011). Textural and heat assessment of staling of corn-chickpea bread. *Journal of Food Science and Technology*, *4*, 35-40.
5. Bassinello, P.Z., de G C Freitas, D., Ascheri, J.L.R., Takeiti, C.Y., Carvalho, R.N., Koakuzu, S.N., & Carvalho, A.V. (2011). Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. *Procedia Food Science*, *1*, 1645–1652. https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.243

6. Cannas, M., Pulina, S., Conte, P., Del Caro, A., Urgeghe, P.P., Piga, A., & Fadda, C. (2020). Effect of substitution of rice flour with Quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits. *Foods, 9*(6), 808. https://doi.org/10.3390/foods9060808
7. El-Sohaimy, S.A., Shehata, M.G., Mehany, T., & Zeitoun, M.A. (2019). Nutritional, physicochemical, and sensorial evaluation of flat bread supplemented with quinoa flour. *International Journal of Food Science, 2*, 1-15. https://doi.org/10.1155/2019/4686727
8. Ciudad-Mulero, M., Vega, E.N., García-Herrera, P., Pedrosa, M.M., Arribas, C., Berrios, J.D.J., Cámara, M., Fernández-Ruiz, V., & Morales, P. (2022). Extrusion cooking effect on carbohydrate fraction in novel gluten-free flours based on chickpea and rice. *Molecules, 27*, 1143. https://doi.org/10.3390/molecules27031143
9. Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V., & Fernandez, E. (2008). Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. *Journal of Food Science and Technology, 41*, 1701-1709. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.024
10. Grandi Castro, F., Grandi Castro F., & Yoshie TakeitiCristina, Y. (2014). Extruded baru flour addition (*Dipteryx alata* Vog.) in cookie formulations: Effect on consumer's acceptability. *Acta Horticulturae, 1040*, 89-96. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1040.11
11. Gularte, M.A., Gomez, M., & Rosell, C.M. (2012). Impact of legume flour on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. *Journal of Food and Bioprocess Technology, 5*, 3142-3150. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0642-3
12. Hamdani, A.M., Wani, I.A., & Bhat, N.A. (2020). Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya. *Food Bioscience, 35*, 100541. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100541
13. Hashemi, N., Mortazavi, S.A., Milani, E., & Tabatabai Yazdi, F. (2017). Microstructural and textural properties of puffed snack prepared from partially defatted almond powder and corn flour. *Journal of Food Processing & Preservation, 41*(5), 32-41. https://doi.org/10.1111/jfpp.13210
14. Hashemi, N., Milani, E., Mortezavi, S. A., & TabatabaiYazdi, F. (2017). Sticky point temperature as a suitable method in evaluation of shelf life of food powders. Bulletin de La Société Royale Des Sciences de Liège, 86, 7–12. https://doi.org/10.25518/0037-9565.6519
15. Hesarinejad, M.A., Siyar, Z., & Rezaiyan Attar, F. (2019). Investigating the effect of wheat flour enrichment with *Phaseolus vulgaris* flour on the physical, sensory and shelf-life characteristics of sponge cake. *FSCT, 16*(86), 213-222.
16. Jafari, M., Koocheki, A., & Milani, E. (2018). Effect of extrusion variable on physicochemical properties of extruded sorghum. *Journal of Food Science & Technology, 75*(15), 1-12.
17. Lazou, A., Krokida, M., & Tzia, C. (2010). Sensory properties and acceptability of corn and lentil extruded puffs. *Journal of Sensory Studies, 25*, 838–860. https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00308.x
18. Manisha, G. (2000). Processing and quality of rice-based extruded products. *Materials Science, 16*(1), 12-21.
19. Matos Segura, M.E., & Rosell, C.M. (2011). Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. *Plant Foods for Human Nutrition, 66*, 224-230. https://doi.org/10.1007/s11130-011-0244-2
20. Milani, E., Hashemi, N., Mortazavi, SA., & Tabatabai Yazdi, F. (2017). Effect of extrusion conditions and formulation on some physicochemical properties of extrudate snack based on almond meal (*Amygdalus communis* L.) and corn grits. *Journal of Innovative Food Technologies, 5*(1), 123-140. https://doi.org/10.22104/JIFT.2017.485
21. Milani, E., Hashemi, N., Golimovahed, A., & Davari F. (2021). Properties assessment of Muffin cakes enriched with composite dietary fibers from wheat bran coffee processing by products. *Iranian Journal Nutrient Science Food Technology, 16*(1), 85-94.
22. Milani, E., Hashemi, N., Ghiafehshirzadi, A. (2024). Fabrication of textured functional ingredient based on apple: Sesame by-product. *Heliyon,* 10 (8), 1-15. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28841
23. Milani, E., Hashemi, N., Hashemi, M. (2024) Physicochemical properties and flow behavior of natural sweetener and colorant from foam- mat dried grape powder. *Journal of Food Process Engineering*, 47(2), e14538. https://doi.org/10.1111/jfpe.14538
24. Omran, A., & Hanan, A.H. (2015). Production and evaluation of gluten-free cookies from broken rice flour and sweet potato. *Advances in Food Sciences, 37*(4), 184-193.
25. Paesani, C., Bravo-Núñez, Á., & Gómez, M. (2020). Effect of extrusion of whole-grain maize flour on the characteristics of gluten-free cookies. *LWT, 132*, 109931. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109931
26. Peyrovani, M., Salehifar, M., & Karimian Khosroshahi, N. (2020). The effect of the lupine flour and corn starch on the rheological properties of dough, textureand organoleptical properties of gluten-free cake. *Journal of Food Research, 30*(2), 69-86.

27. Siddiq, M., Nasir, M., Ravi, R., Dolan, K.D., & Butt, M.S. (2009). Effect of defatted maize germ addition on the functional and textural properties of wheat flour. *International Journal of Food Properties*, *12*, 1–11. https://doi.org/10.1080/10942910802103028
28. We, G.J., Lee, I.A., Kang, T.Y., Min, J.H., Kang, W.S., & Ko, S.H. (2011). Physicochemical properties of extruded rice flours and a wheat flour substitute for cookie application. *Food Engineering Progress*, *15*(4), 404-412.